

Evaluación de sistemas de limpieza en seco sobre pinturas mates contemporáneas

SILVIA GARCÍA FERNÁNDEZ-VILLA / MARÍA LÓPEZ REY /
JOSÉ MANUEL DE LA ROJA DE LA ROJA / MARGARITA SAN ANDRÉS MOYA

Los sistemas de limpieza en seco son una interesante alternativa para la eliminación de suciedad superficial depositada sobre pinturas mates ya que presentan notables ventajas con respecto al empleo de disolventes orgánicos o de agentes tensoactivos. Sin embargo, en ocasiones, el empleo de algunos de estos materiales puede provocar otros efectos no deseados, en especial en lo que se refiere al aumento de brillo superficial de la obra, alterando sustancialmente la apariencia de las pinturas mates.

En este trabajo se evalúan materiales de limpieza en seco tales como esponjas poliméricas y paños de diferente composición, tanto de uso general como específicos para limpieza de bienes culturales, y se estudian sus efectos sobre algunos materiales pictóricos de carácter mate empleados actualmente. De este modo, se evalúa el grado de eficacia de estos sistemas de limpieza, los posibles residuos dejados por cada uno de los materiales ensayados, así como las alteraciones que se pudieran haber producido sobre la superficie pictórica.

INTRODUCCIÓN

Como es bien sabido, una de las tipologías de obras pictóricas contemporáneas que presentan más dificultades de tratamiento son las pinturas mates. Esta clase de material se caracteriza por presentar una alta porosidad y capacidad de absorción, propiedades que pueden deberse a diversos factores. En algunos casos, el carácter mate se debe a la escasa proporción de aglutinante en comparación con la de pigmento, o pigmento y carga, así como a la elevada cantidad de diluyente empleada, lo cual es más frecuente en el caso de los artistas que preparan sus propias pinturas. En otros casos, el carácter mate surge de la presencia de cargas que aportan este rasgo a la pintura. Estas cargas pueden ser añadidas en el proceso de fabricación con el fin de modificar intencionadamente su brillo o ser añadidas para abaratar el coste final. Por último, resultan también de carácter mate algunas técnicas pictóricas en las que se emplean aglutinantes con niveles de brillo bajos, tal y como ocurre en el caso de las pinturas a la caseína, o en la acuarela y el *gouache*, en los que se emplea la goma arábiga como aglutinante.

En la incorrecta manipulación de pinturas contemporáneas, uno de los daños más frecuentes es la aparición de huellas sobre en el perímetro de la obra. Habitualmente estas marcas están provocadas por la ausencia de contramarco de protección o la manipulación sin los necesarios guantes protectores [ver F. 01]. En otros casos, la ausencia de una protección de la obra durante su almacenaje o la falta de un mantenimiento rutinario provocará depósitos de polvo generalizados sobre toda la superficie de la obra^[1].

Dada la mencionada porosidad y alta capacidad de absorción que presentan las pinturas mates, resulta de gran complejidad la eliminación esta suciedad superficial acumulada sobre ellas, ya que estos depósitos suelen presentar una alta adherencia sobre el soporte poroso. La posibilidad de empleo de disolventes orgánicos es muy limitada, porque se trata en muchos casos de capas pictóricas muy sensibles por su baja proporción de aglutinante, donde el pigmento está escasamente aglutinado y muy expuesto^[2]. En otros casos, el riesgo más importante reside en que se puede producir una difusión de la suciedad solubilizada dentro de la propia capa de pintura en el proceso de limpieza, dada la alta porosidad de ésta.

Asimismo, el uso alternativo de métodos acuosos sobre las pinturas mates puede suponer otro tipo de contingencias. En este caso, el problema fundamental es el riesgo de solubilización de ciertas sustancias presentes en la capa pictórica, tal y como ocurre con algunos agentes tensoactivos existentes en la formulación de dispersiones. Una interesante alternativa a considerar ante los problemas anteriormente descritos es el empleo de los sistemas de limpieza en seco, tal y como se desarrolla a continuación.

De este modo, el presente trabajo acomete la evaluación de los posibles efectos que provoca la limpieza en seco sobre pinturas y preparaciones mates. Con este fin, fundamentalmente, se examinará el grado de limpieza obtenido por cada uno de los sistemas testados, así como el cambio de brillo superficial que ellos pudieran tener sobre los diferentes sustratos mates.

ELABORACIÓN DE MUESTRAS DE PREPARACIONES Y CAPAS PICTÓRICAS MATES

En el contexto de este trabajo se han experimentado para su evaluación diversas preparaciones y capas pictóricas, algunas de ellas fabricadas comercialmente, y otras preparadas específicamente para este fin, todas ellas de carácter mate.

[1]
Ormsby *et al.*, (2007), pp. 16-24.

[2]
TAAMPP, (2009).



[F. 01]

Detalle de pinturas mates con depósitos de suciedad superficial y huellas en el perímetro de la obra.

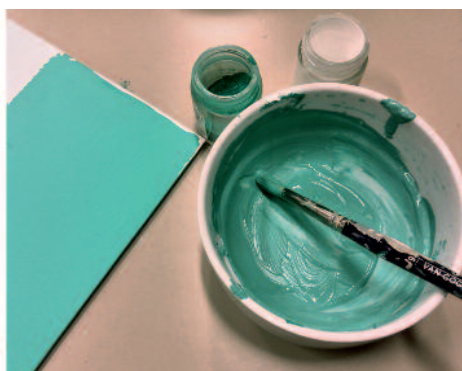
Entre las preparaciones o aparejos seleccionados y empleados están la “Preparación Universal” utilizada en las tablas enteladas por *Talens Holland* (PU), el *Gesso 1001* (*Talens Holland*) (GS), un estuco tradicional de yeso y cola (cola de conejo al 10% y sulfato cálcico) (ET) y, finalmente, el *Modostuc* (*Plasvero International*) (MO).

Por otro lado, se han preparado diversas capas pictóricas mates de diferente naturaleza: la primera corresponde a un *gouache* comercial (*Talens Holland*) (GO), la segunda corresponde a una pintura de polímero vinílico en dispersión (PVAc), la tercera a un polímero acrílico en dispersión (*Primal B-60*, *Rohm and Haas*) (AC), la siguiente a una pintura al óleo a la que se le ha incrementado su carácter mate mediante adición de aglutinante de caseína *Talens 103* (CA) y, por último, una pintura vinílica monocapa mate (MN) (ref. 975, fabricada por *Bruguer*). En el caso de la segunda y tercera serie de muestras, se ha procurado potenciar el carácter mate de éstas empleando la mínima cantidad posible de aglutinante. Para ello, se fueron testando diferentes proporciones de aglutinantes y se estableció como definitiva la menor proporción a la que no se produjera ningún barrido de color con el roce superficial. La aplicación se realizó con paletinas y pinceles de pelo suave, intentando conseguir una capa lo más homogénea posible. Una vez secas las capas, se procedió a su protección mediante una lámina de acetato transparente y se realizaron las ventanas correspondientes (15x15 mm.) que permitieran localizar el área concreta establecida para el examen colorimétrico y mediante Microscopía Electrónica de Barrido (MEB), así como para la medición de los parámetros cromáticos y de brillo [F. 02].

Antes de proceder a la aplicación de la suciedad superficial, se evaluaron dichas zonas mediante el estudio con microscopio estereoscópico y se extrajeron muestras para su comparación mediante MEB; esto permitirá a continuación realizar un análisis comparativo de la superficie antes y después del proceso de limpieza en seco, evaluando los posibles daños que se pudieran producir por la acción mecánica. Por otro lado, se realizaron sobre estas zonas las correspondientes medidas colorimétricas y de brillo que posibilitarán evaluar los cambios probables de las superficies mates por efecto de los diferentes sistemas de limpieza empleados, tal y cómo se explicará detalladamente en el apartado titulado “Resultados experimentales”.



[F. 02]



[F. 03]



[F. 04]

[F. 02]

Proceso de preparación y aplicación de las preparaciones y capas pictóricas para su evaluación.

[F. 03]

Componentes de la mezcla de suciedad artificial aplicada.

[F. 04]

Aplicación de las diferentes mezclas de suciedad superficial mediante pulverizador (izqda.) y pincel plano de pelo sintético (dcha.).

[3]

Wolbers, (1992).

APLICACIÓN DE SUCIEDAD SUPERFICIAL

Una vez finalizado el proceso de preparación de muestras y realizadas las mediciones iniciales, se procedió a la aplicación de suciedad superficial. Para ello, se determinó efectuar esta operación mediante dos sistemas: por un lado, se realizaron improntas de huellas dactilares con suciedad superficial en las zonas correspondientes a las ventanas de medición. Se intentó en todo caso aplicar una cantidad de suciedad similar en cada una de las muestras, controlando, en la medida de lo posible, la presión ejercida para obtener zonas semejantes.

Por otro lado, se aplicó suciedad de tipo artificial, que presenta la ventaja con respecto al sistema anterior de proporcionar una capa más homogénea y controlable durante su aplicación. Para ello, se tomó como referencia inicial las proporciones y metodología propuestas por Wolbers^[3], si bien fue necesario establecer algunas modificaciones para adaptarla a la tipología y problemática característica de las superficies mates. Esta suciedad artificial se compone de mantillo, hidróxido cálcico, pigmento negro carbón, cemento *Portland* Tipo I, pigmento siena tostada, caolín, almidón, fibra de vidrio SiO₂, gelatina y, como disolventes, triclorometano y *white spirit* [F. 03].

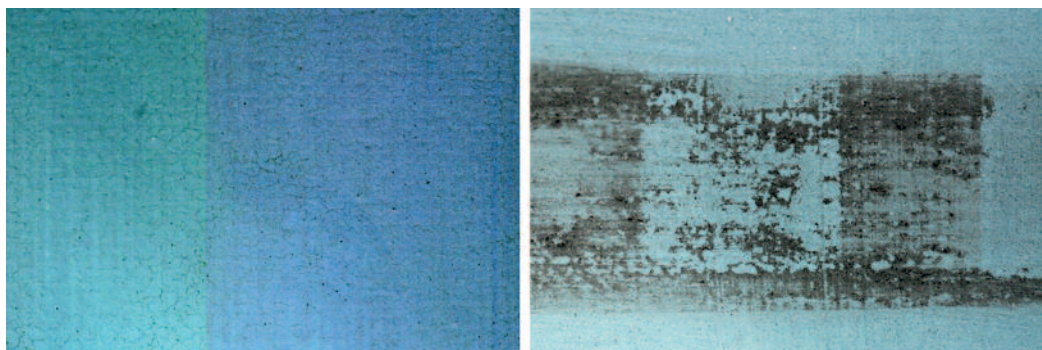
Según las indicaciones propuestas por Wolbers, inicialmente se obtuvo un sólido que posteriormente fue diluido en la mezcla de disolventes orgánicos y se aplicó después mediante *spray* pulverizador. Sin embargo, se apreció que esta preparación resultaba demasiado líquida y su aplicación con *spray* daba como resultado una capa de suciedad demasiado fina e irregular. Por ello, fue preciso realizar ajustes para adecuar la suciedad al requerimiento de la investigación: por un lado, variando los porcentajes de los disolventes y, por otro, testando sistemas alternativos de aplicación. De este modo,

se obtuvieron mejores resultados con una reducción del 50% de la proporción de disolventes orgánicos, lo que obligó también a un cambio en la metodología de aplicación, sustituyendo el uso del pulverizador por pincel plano de pelo sintético [F. 04].

Mediante esta modificación se consiguió una capa de suciedad artificial homogénea. Sin embargo, en algunas ocasiones surgieron dificultades de interacción con determinadas capas pictóricas, en este caso las correspondientes al *gouache* y al PVAc. En el primero, se produjo una modificación colorimétrica destacable tras la aplicación de la suciedad artificial, probablemente provocada por la presencia de un colorante soluble en su composición. La zona sobre la que se aplicó la suciedad artificial viró hacia un tono azul violáceo, lo que impidió realizar una comparación efectiva entre la colorimetría inicial y la final. En el caso de la capa de PVAc, el triclorometano provocó una disolución parcial de la dispersión polimérica, ocasionando una distribución irregular de la suciedad, por lo que no se obtuvo una superficie de medida suficientemente uniforme [F. 05].

MATERIALES PARA LIMPIEZA EN SECO

Para evaluar los efectos de los diferentes sistemas de limpieza en seco, se seleccionaron seis materiales con diferentes propiedades y composición, incluyendo esponjas, paños y elementos maleables, algunos de uso general y otros fabricados específicamente para la limpieza de bienes culturales. Los materiales seleccionados han sido los siguientes: Paño de microfibra (3M), esponja de maquillaje (*Sephora*), esponja de melamina (3M), esponja *Akapad* blanca, esponja de humo (*Conservation by Design Ltd.*) y *Groomstick* [F. 06].

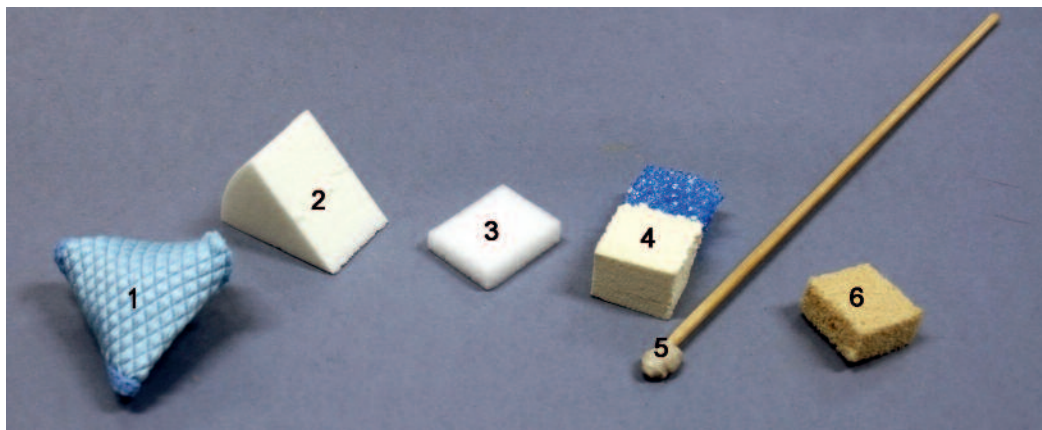


[F. 05]

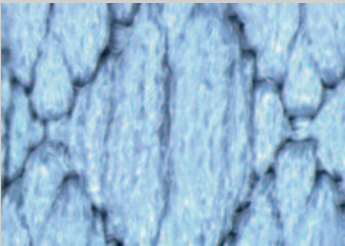
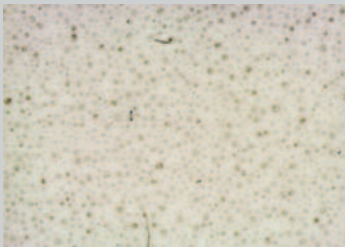


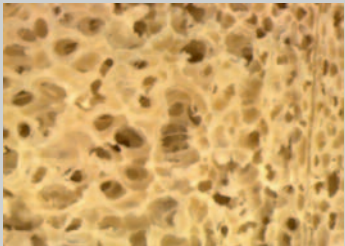
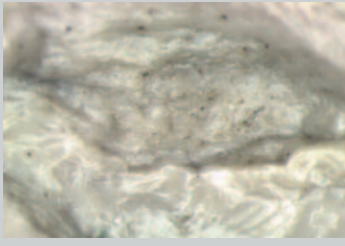
Problemas de aplicación de la suciedad superficial: cambio cromático del *gouache* comercial (izqda.) y disolución parcial del polímero en la dispersión de PVAc (dcha.)

[F. 06]

Materiales para limpieza en seco testados (de izqda. a dcha.): paño de microfibra (1), esponja de maquillaje (2), esponja de melamina (3), esponja *Akapad* blanca (4), *Groomstick* (5) y esponja de humo (6).



[Tabla 01]
 Tabla-resumen de las principales características de los materiales para limpieza en seco testados.

Tipo		Material	Composición	Fabricante
PAÑOS	Paño Microfibra		PET, poliéster y Nylon 6 (poliamida)	3M
	Esponja de maquillaje		Eter poliuretano (tdi)/ Goma estireno-butadieno Goma isopreno	Sephora
	Esponja de melamina		Esponja de resina de melamina formaldehído	3M
	Akapad blanca		Goma de estireno butadieno, aceite de castor vulcanizado, antioxidante NG-2246	AKA Chemie Wishab
ESPONJAS	Esponja de humo		Goma isopreno, compuesto de azufre y carbonato cálcico	Conservation by Design Ltd.
	Groomstick		Goma isopreno y carbonato cálcico	Picreator Enterprises Ltd.
MATERIAL MALEABLE				

A continuación se muestran los principales datos sobre cada uno de los materiales testados: tipo, su imagen obtenida mediante microscopio estereoscópico (equipo empleado: *Leica* MZ125), elementos compositivos^[4] y fabricante del mismo [Tabla 01].

De este modo, se han preparado un total de nueve grupos de superficies patrón (incluyendo preparaciones y capas pictóricas) sobre las que se han aplicado dos tipos de suciedad: la artificial y la impronta de huellas. Sobre éstas se han testado seis tratamientos diferentes de limpieza en seco, lo que da como resultado un total de 108 muestras-patrón sometidas a estudio, cuyos resultados experimentales se describen a continuación.

[4]

Extraídos a partir de
Daudin-Schotte *et al.*, (2013),
p. 211.

RESULTADOS EXPERIMENTALES

EVALUACIÓN DEL GRADO DE LIMPIEZA

Con el fin de evaluar la efectividad del grado de limpieza alcanzado con cada uno de los materiales de limpieza en seco, uno de los parámetros que se ha considerado es la diferencia de color que se produce en las muestras-patrón antes de aplicar la suciedad, una vez aplicada la misma y efectuada la limpieza. Así, cuanto mayor es la diferencia de color, menos efectiva se considera el tratamiento desde el punto de vista perceptual. Esta evaluación se ha realizado para cada una de las muestras de superficie (preparación y capa pictórica), tipo de suciedad y material de limpieza en seco.

Adicionalmente, con el fin de valorar la posible modificación provocada por el proceso de limpieza sobre la superficie pictórica, se ha empleado la Microscopía Electrónica de Barrido. Esta técnica permite apreciar los cambios en la morfología de la capa, la variación de los depósitos de suciedad, así como los restos del material de limpieza en seco que hubieran podido quedar sobre la superficie. En este caso, el estudio mediante MEB se ha realizado sobre dos grupos de muestras patrón; el primero de ellos corresponde al grupo de *Gesso 1001 Talens* y el segundo al de las muestras de pintura acrílica.

Análisis colorimétrico

Para determinar las variaciones cromáticas experimentadas con la limpieza se ha utilizado un espectrofotómetro *Konica Minolta CM 2600d*, con un rango de 400 – 700 nm y un intervalo de medición 10 nm. Se trabaja con geometría óptica de reflexión (de: 8°); el diámetro de área de medida es de 3 mm; y las medidas se han expresado en coordenadas CIELAB (L^* a^* b^*) suponiendo un iluminante patrón CIE D65 y observador patrón CIE 1964 10°. Los valores de las coordenadas CIELAB utilizados corresponden a los promedios de al menos tres medidas. Los valores cromáticos se han obtenido mediante el *software* CM-S100w 1.91.0002 *SpectraMagic*, siendo procesados en hoja de cálculo. Las diferencias de color se han calculado mediante la ecuación avanzada recomendada por la CIE CIEDE2000 (CIE, 2004):

$$\Delta E_{00} = \sqrt{\left(\frac{\Delta L^*}{K_L S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C^*}{K_C S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H^*}{K_H S_H}\right)^2 + R_T \left(\frac{\Delta C^*}{K_C S_C}\right) \left(\frac{\Delta H^*}{K_H S_H}\right)} \quad (\text{Ec. 1})$$

donde $K_L=1$; $K_C=1$; $K_H=1$

Las diferencias de color se han determinado tomando como referencia las medidas correspondientes a las muestras sin aplicar la suciedad. Éstas han sido realizadas siempre sobre la misma zona (15x15mm), antes y después de la aplicación de la suciedad y su posterior limpieza. Por otra parte, las diferencias de color umbrales y superiores al umbral se han establecido de acuerdo a las recomendaciones internacionales sobre evaluación de diferencias de color^[5].

Resultados

Respecto al grado de eficacia alcanzado con los diferentes sistemas de limpieza en seco, éste varía significativamente según se trate de las probetas con suciedad aplicada con la impronta de una huella dactilar o de las probetas impregnadas con suciedad artificial. En general, el grado de efectividad alcanzado es notoriamente mayor en el primer caso que en el segundo, independientemente del tipo de preparación o capa pictórica donde se realice así como del material de limpieza en seco empleado. Esto se debe a que el grado de penetración de la suciedad artificial es considerablemente mayor, ya que la aplicación no es en seco sino que contiene disolventes en su formulación, tales como el triclorometano y *white spirit*.

En el primer caso, el grado de limpieza, en general, tiene un comportamiento bastante uniforme a excepción de la capa de pintura de *gouache*. Las variaciones cromáticas están en torno al umbral de percepción y superior a él en algunos casos puntuales en los que la limpieza se efectúa con paño de microfibra 3M (**AC** $\Delta E_{00}=3,20\pm0,26$; **CA** $\Delta E_{00}=2,23\pm0,06$; **MN** $\Delta E_{00}=1,85\pm0,06$). La capa pictórica de *gouache* presenta un comportamiento anómalo con cualquiera de los materiales con los que se realice la limpieza, con variaciones cromáticas superiores al umbral de percepción (**GO** ΔE_{00} oscila entre $1,28\pm0,05$ y $2,84\pm0,75$), las cuales pueden atribuirse a un fenómeno que se aprecia visualmente: en el *gouache* se produce un importante satinado de superficie, lo que provoca a su vez un incremento significativo de saturación de color. Este cambio de brillo será cuantificado posteriormente mediante el uso de reflectómetro [F. 07] [Tabla 02].

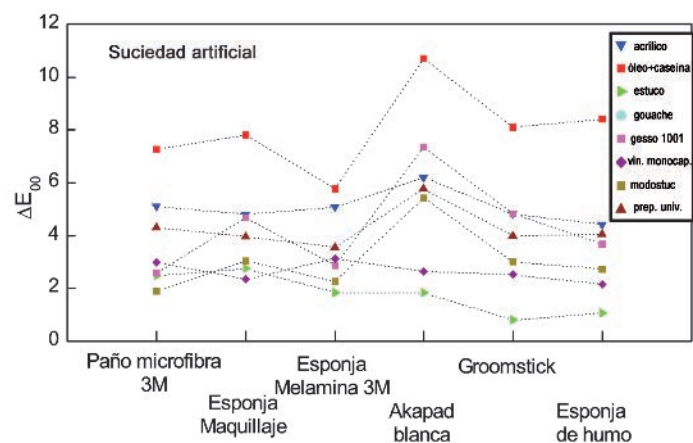
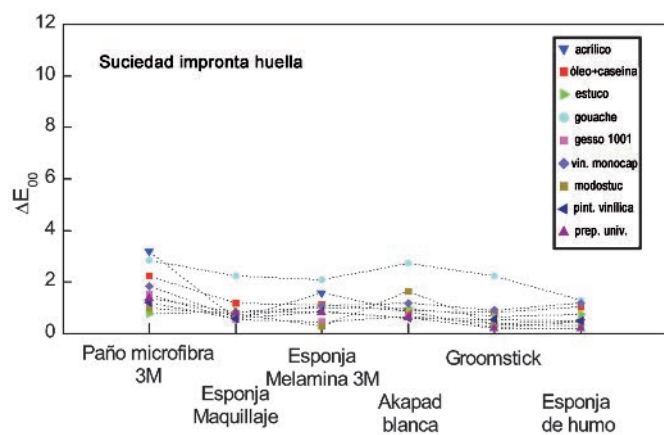
El mayor grado de limpieza se consigue con el *Groomstick* (ΔE_{00} oscila entre $0,20\pm0,12$ y $0,93\pm0,25$) y la esponja de maquillaje (ΔE_{00} oscila entre $0,56\pm0,06$ y $1,18\pm0,04$) y, el menor con el paño de microfibra 3M (ΔE_{00} oscila entre $0,78\pm0,10$ y $3,20\pm0,26$).

En el segundo caso, correspondiente a limpieza sobre probetas realizadas con suciedad artificial, los resultados son más heterogéneos. En general, las variaciones cromáticas son superiores al umbral de percepción (**MN** ΔE_{00} oscila entre $2,16\pm0,16$ y $3,14\pm0,02$; **ET** ΔE_{00} oscila entre $0,80\pm0,13$ y $2,77\pm0,08$) y, en la mayoría de los casos, se puede hablar de grandes diferencias de color (**AC** ΔE_{00} oscila entre $4,42\pm0,31$ y $6,21\pm0,05$; **CA** ΔE_{00} entre $5,76\pm0,04$ y $10,71\pm0,44$; **MO** ΔE_{00} oscila entre $1,89\pm0,04$ y $5,43\pm0,28$; **GS** ΔE_{00} oscila entre $2,59\pm0,27$ y $7,34\pm0,04$; **PU** ΔE_{00} oscila entre $3,57\pm0,20$ y $5,78\pm0,10$; **PV** ΔE_{00} oscila entre $1,78\pm0,06$ y $13,06\pm1,28$), por lo que los resultados de la limpieza se pueden considerar que no son óptimos. Además, difieren significativamente en función de la capa de preparación o capa pictórica sobre la que se realiza la limpieza [F. 08] [Tabla 02].

Evaluación del grado de limpieza mediante MEB

Otra de las técnicas empleadas para evaluar el grado de limpieza es la Microscopía Electrónica de Barrido (MEB) que permite apreciar con precisión los posibles cambios en la morfología de la capa, la variación de los depósitos de suciedad así como los residuos del material de limpieza en seco que hubieran podido quedar sobre la superficie.

Con este fin, las muestras se analizaron con un equipo JEOL JSM 6400 con cañón de electrones de cátodo termoiónico con filamento de tungsteno y detector de electrones secundarios con resolución



Superficie	Tipo suciedad	Materiales de limpieza en seco					
		Paño microfibra	Esponja maquillaje	Esponja melamina	Akapad blanca	Groomstick	Esponja de humo
Preparación Universal (Talens Holland)	Huella	1,37±0,13	0,83±0,13	0,82±0,03	0,64±0,08	0,20±0,12	0,19±0,08
	Artificial	4,30±0,49	3,97±0,25	3,57±0,20	5,78±0,10	3,99±0,048	4,05ff0,27
Estuco tradicional de cola y yeso mate	Huella	0,78±0,10	0,86±0,20	1,00±0,25	0,97±0,18	0,66±0,19	0,76±0,13
	Artificial	2,46±0,05	2,77±0,08	1,85±0,11	1,84±0,06	0,80±0,13	1,07±0,27
Gesso 1001 (Talens Holland)	Huella	1,51±0,08	0,54±0,03	0,45±0,03	0,0,65±0,08	0,39±0,20	0,47±0,03
	Artificial	2,59±0,27	4,68±0,08	2,86±0,05	7,34±0,04	4,82±0,25	3,67±0,21
Modostuc	Huella	0,97±0,02	0,77±0,11	0,30±0,05	1,64±0,15	0,35±0,02	0,32±0,11
	Artificial	1,89±0,04	3,05±0,17	2,28±0,05	5,43±0,28	3,02±0,16	2,72±0,26
Gouache Talens	Huella	2,84±0,75	2,25±0,51	2,10±0,51	2,73±0,23	2,25±0,70	1,28±0,05
	Artificial	-	-	-	-	-	-
Pintura polímero vinílico en dispersión	Huella	1,20±0,18	0,56±0,06	0,85±0,12	0,61±0,10	0,54±0,24	0,50±0,12
	Artificial	4,06±0,35	8,10±2,17	2,85±0,27	13,06±1,28	1,78±0,06	2,49±0,05
Pintura polímero acrílico en dispersión	Huella	3,20±0,26	0,57±0,05	1,57±0,20	0,86±0,20	0,24±0,09	0,46ff0,03
	Artificial	5,12±0,21	4,78±0,19	5,07±0,07	6,21±0,05	4,82±0,11	4,42±0,31
Pintura al óleo + caseína Talens 103	Huella	2,23±0,06	1,18±0,04	1,12±0,07	0,88±0,06	0,82±0,01	1,03±0,02
	Artificial	7,26±0,25	7,82±0,24	5,76±0,04	10,71±0,44	8,11±0,25	8,40±0,04
Pintura vinílica monocapa mate Bruguer 975	Huella	1,85±0,06	0,63±0,15	1,08±0,10	1,18±0,00	0,93±0,25	1,18±0,41
	Artificial	2,98±0,10	2,35±0,10	3,14±0,02	2,65±0,06	2,54±0,07	2,16±0,16

[Tabla 02]

Variación cromática ΔE_{00} de las superficies después de la limpieza con los distintos materiales.

[F. 07]

Representación del grado de limpieza alcanzado con cada uno de los materiales sobre la suciedad por impronta de huella dactilar, en función de la variación cromática.

[F. 08]

Representación del grado de limpieza alcanzado con cada uno de los materiales sobre la suciedad artificial, en función de la variación cromática.

de la imagen a 25 KV de 3.5 nm (a 8 mm de distancia de trabajo) y de 10.0 nm (a 39 mm de distancia de trabajo). El estudio mediante MEB se realizó sobre dos grupos de muestras patrón; el primero de ellos corresponde al grupo de *Gesso 1001 Talens* y el segundo al de las muestras de pintura acrílica, ambas impregnadas con la suciedad artificial descrita anteriormente.

Las imágenes obtenidas mediante MEB sobre las muestras de limpieza sobre *Gesso 1001 Talens* con suciedad artificial a 500 aumentos muestran cómo en la limpieza con paño de microfibra la suciedad superficial se mantiene en los valles de la pincelada y sólo resulta eficaz en las partes más salientes. Con la esponja de maquillaje se obtiene un grado limpieza intermedio y no se producen daños apreciables sobre la superficie pictórica, mientras que la esponja de melamina altera ligeramente la morfología superficial. Sin embargo, ya a 2000 aumentos, se aprecia cómo el paño de microfibra provoca un aplastamiento de la capa y algunas abrasiones en una de las zonas en las que se ha limpiado. También en el caso de la esponja de melamina se produce un evidente aplastamiento y modificación de la rugosidad inicial. Por otro lado, con la esponja *Akapad* blanca se obtiene un resultado de limpieza intermedio y con el *Groomstick* un grado de limpieza ligeramente superior; en ambos casos la superficie no queda dañada. Con la esponja de humo los resultados de la limpieza son notables, manteniéndose en todo momento la morfología original [F. 09].

Respecto a muestras de pintura acrílica examinadas mediante MEB (2000x), hay que señalar que en cuanto al paño de microfibra no se obtiene un grado de limpieza adecuado; la suciedad queda acumulada en los valles de la pintura y se logra eliminar sólo en las crestas, que quedan aplastadas. Con la esponja de maquillaje se obtiene un grado de limpieza intermedio y se mantiene la morfología de la superficie [F. 10].

Es destacable que la esponja de melamina produce una eliminación de suciedad prácticamente completa, pero deja residuos importantes incluso después del uso de una paletina para su retirada; así, es posible reconocer remanentes de la estructura poligonal característica de las celdas de estas esponjas (ver imagen de la esponja de melamina de la Tabla 01) sobre la superficie pictórica [F. 11]. También se aprecia cómo la esponja de melamina ha provocado un aplastamiento y erosión de la superficie pictórica, detectable a simple vista en forma de satinado evidente.

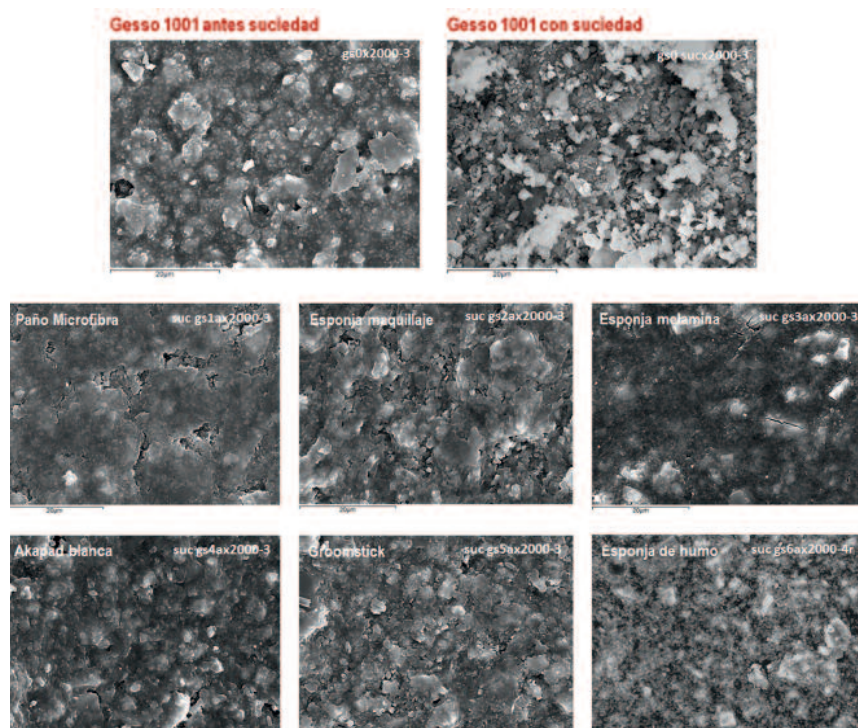
Con la esponja *Akapad* blanca se obtiene un grado de limpieza intermedio, si bien no se elimina por completo la suciedad. El *Groomstick* y la esponja de humo logran un buen grado de limpieza, aunque el *Groomstick* es el que respeta más la morfología inicial (no produce aplastamientos ni barridos).

EVALUACIÓN DEL AUMENTO DE BRILLO

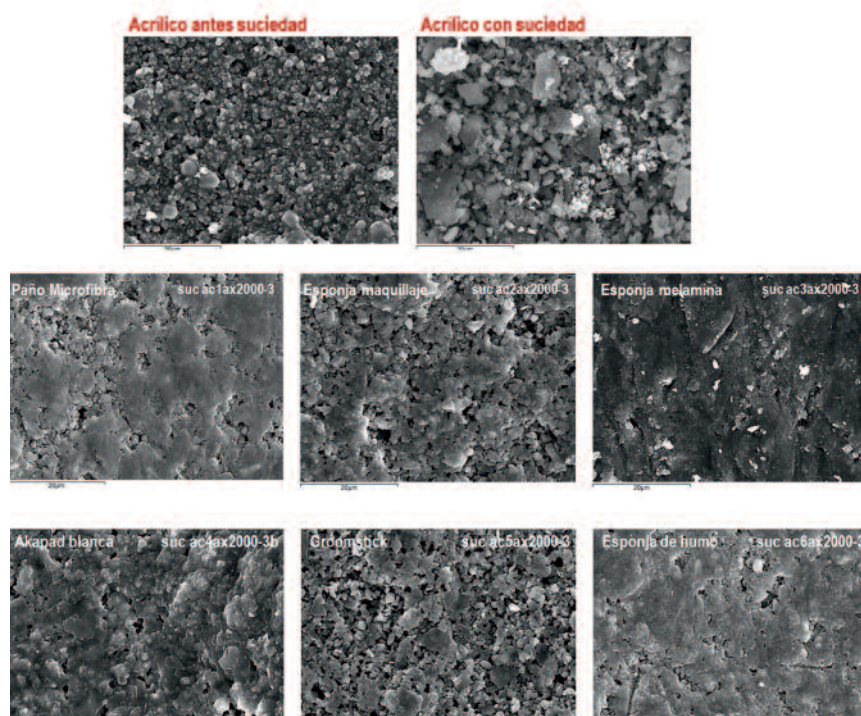
En el caso de pinturas mates contemporáneas, además de la obtención de un grado de limpieza adecuado, es necesario que el tratamiento seleccionado respete el brillo original de la obra. Una vez realizadas las limpiezas en seco, resulta evidente que algunos de los materiales testados provocan un aumento de brillo superficial, especialmente apreciable cuando la obra es iluminada tangencialmente [F. 12]. Se procede en este caso a la realización de las correspondientes medidas de brillo mediante uso del reflectómetro, antes y después de realizarse la limpieza, con el fin de determinar los cambios en este parámetro. Estas medidas se efectuaron tanto en la capa de “Preparación Universal” como en la capa pictórica de *gouache*, ya que en ambas las modificaciones de brillo eran notables y representativas del conjunto.

Para ello, las variaciones de brillo ocasionadas con la limpieza han sido determinadas con un reflectómetro *Neurtek mod. RB* con una geometría de medida de 20°, 60° y 85°. En este caso, la geometría utilizada ha sido la de 60° [6], siendo la superficie de medición aproximada de 5x6 mm.

[6]
ISO, (1999).



[F. 09]



[F. 10]

[F. 09]

Imágenes obtenidas mediante MEB (2000x) sobre el grupo de muestras de *Gesso 1001* (*Talens*). En la parte superior, antes y después de la aplicación de suciedad artificial. En la parte intermedia e inferior, tras el tratamiento con cada uno de los materiales de limpieza en seco.

[F. 10]

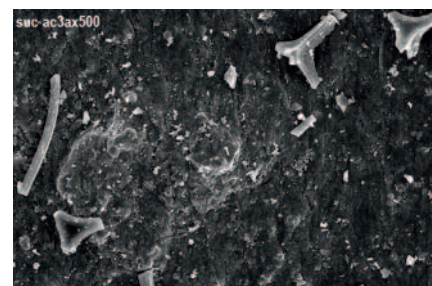
Imágenes obtenidas mediante MEB (2000x) sobre el grupo de muestras de pintura acrílica. En la parte superior, antes y después de la aplicación de suciedad artificial. En la parte intermedia e inferior, tras el tratamiento con cada uno de los materiales de limpieza en seco.

[F. 11]

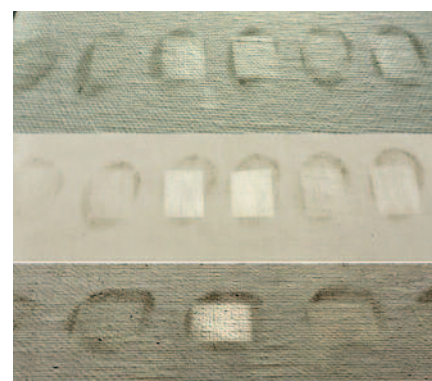
Residuos de la esponja de melamina apreciables como fracciones de celda poligonal sobre superficie de acrílico tras la limpieza. Imagen obtenida mediante MEB (500x).

[F. 12]

Modificación del brillo tras la limpieza en seco sobre diversas superficies, apreciable mediante iluminación tangencial.

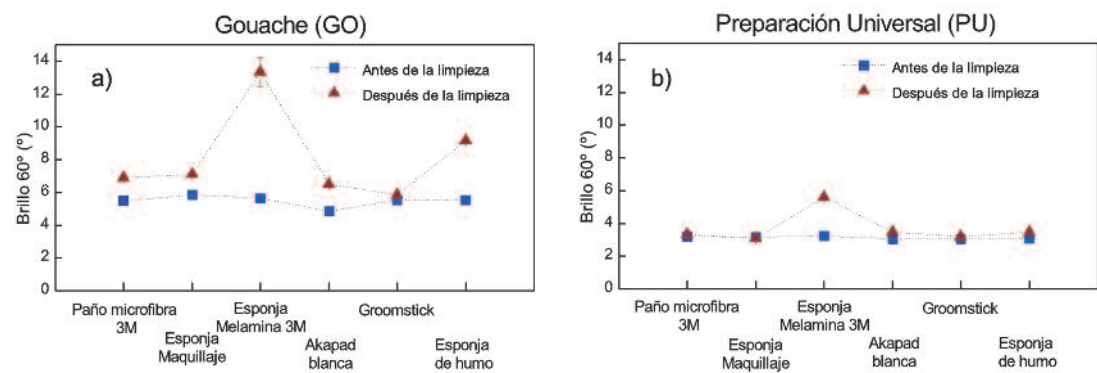


[F. 11]



[F. 12]

[F. 13]
Variación de brillo efectuando la limpieza con los distintos materiales de limpieza en seco sobre la capa pictórica de *gouache* (a) y la capa de Preparación Universal (b).



Superficie	Materiales de limpieza en seco					
	Paño microfibra	Esponja maquillaje	Esponja melamina	Akapad blanca	Groomstick	Esponja de humo
Preparación Universal (Talens Holland)	0,1±0,1	-0,1±0,2	2,4±0,1	0,4±0,1	0,1±0,1	0,4±0,1
Gouache Talens	1,4±0,3	1,2±0,3	7,7±0,9	1,7±0,1	0,3±0,1	3,6±0,2

[Tabla 03]
Variación del brillo (60°) de las superficies después de la limpieza con los distintos materiales (suciedad por impronta de huellas).

Resultados

En relación a las variaciones de brillo, se observa un comportamiento diferente aunque en cierto modo paralelo en la capa de preparación universal y la capa pictórica de gouache [F. 03, Tabla 02]. En ambos casos las probetas ensayadas únicamente corresponden a suciedad aplicada con la impronta de una huella dactilar. En la capa de preparación universal sólo la limpieza efectuada con la esponja de melamina produce un aumento del brillo perceptible (Δ Brillo 60°=2,4±0,1). No ocurre así en la limpieza de la capa pictórica de *gouache*, en la que los distintos materiales, a excepción del *Groomstick*, tienden a satinar la superficie (Paño de microfibra 3M Δ Brillo 60°=1,4±0,3, esponja maquillaje Δ Brillo 60°=1,2±0,3, *Akapad* blanca Δ Brillo 60°=1,7±0,1). En este caso también la esponja de melamina (Δ Brillo 60°=7,7±0,9) provoca un aumento considerable de brillo, así como la esponja de humo (Δ Brillo 60°=3,6±0,2).

CONCLUSIONES

Como se ha visto a lo largo de la investigación realizada, los materiales de limpieza en seco constituyen una interesante alternativa al empleo de disolventes y mezclas acuosas. Su uso evita la difusión de la suciedad en películas porosas, características de las pinturas mates y la solubilización de componentes de la mezcla polimérica (especialmente de sustancias plastificantes presentes en las dispersiones) por efecto del empleo de disolventes orgánicos.

Tal y como se deduce de los datos anteriormente descritos en cuanto a los resultados de limpieza, se puede concluir que tanto en el caso de la limpieza de impronta de huellas como de suciedad artificial, se obtienen en general rendimientos paralelos con cada material de limpieza, independientemente de

cuál sea la pintura o preparación que se haya tratado. En el caso del *gouache* la respuesta ante el tratamiento en seco no siempre es adecuada, ya que se aprecia un satinado evidente de la superficie y un aumento de su saturación.

En cuanto a los sistemas de aplicación de la suciedad superficial hay que señalar que, aún cuando su formulación se ha ajustado a los requerimientos de las muestras, se produce un fenómeno de penetración de la suciedad hacia el interior de la capa que provoca resultados de limpieza notablemente peores y menos verosímiles; la metodología empleada confirma que las muestras en las que se han realizado improntas de huellas se ajustan más a los parámetros reales.

Los mejores resultados de limpieza según los análisis colorimétricos realizados se obtienen con el *Groomstick*, la esponja de humo y la esponja de melamina. Sin embargo, tal y como se ha mencionado, los análisis MEB demuestran que tanto la esponja de melamina como la esponja de humo provocan un aplanamiento o abrasión importante sobre la superficie pictórica. Por todo ello, se puede concluir que el *Groomstick* resulta la opción más adecuada para la limpieza de este tipo de pinturas.

De los materiales en seco testados, los peores resultados de limpieza son los obtenidos mediante paño de microfibra y *Akapad*, ya que no logran eliminar por completo la suciedad superficial. En el caso del paño de microfibra los análisis mediante MEB revelan, además, que las superficies tratadas sufren importantes aplanamientos, por lo que no son aconsejables para la limpieza de pinturas mates.

Finalmente, en lo referente a los cambios de brillo, es necesario señalar que el frotado intensivo con materiales como la esponja de melamina y la esponja de humo causan un satinado superficial muy destacable, con incrementos notables en los valores de brillo, por lo que no resultan adecuados para el tratamiento de pinturas mates.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte del Proyecto CTQ2010-20831, financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación. Los autores también dan las gracias a la Red de Laboratorios de Ciencia y Tecnología para la Conservación del Patrimonio (RedLabPat) del Campus de Excelencia Internacional Campus Moncloa (UCM-UPM).

BIBLIOGRAFÍA

- Commission Internationale de l'Eclairage (CIE). "Colorimetry". *Publication CIE 15:2004*. Viena: 2004.
- ISO (International Standardization Organization), *Norma 2813:1999 Pinturas y barnices – Determinación del brillo especular de películas de pintura no metálicas a 20°, 60° y 85°, 1999*.
- MELGOSA, G.M., PÉREZ, M.M.; YEBRA, A.; HUERTAS, R. e HITA, E. "Algunas reflexiones y recientes recomendaciones internacionales sobre evaluación de diferencias de color". *Óptica Pura y Aplicada*, 34, Madrid: IPH, 2001, pp. 1-10.
- WOLBERS, R. "The use of a synthetic soiling mixture as a means for evaluating the efficacy of aqueous cleaning materials on painted surfaces". *Conservation et Restauration des Biens Culturels*, nº 4- Octubre 1992, pp. 22-29

Consultas en línea

- DAUDIN-SCHOTTE, M; BISSCHOFF, M.; JOOSTEN, I.; VAN KEULEN, H. Y VAN DEN BERG, K. "Dry Cleaning Approaches for Unvarnished Paint Surfaces". *Smithsonian Contributions to Museum Conservation*, 3. Washington D.C.: 2013. http://www.sil.si.edu/SmithsonianContributions/museumconservation/pdf_hi/SCMC-0003.pdf
- ORMSBY, B. *et al. Caring for Acrylics: Modern and Contemporary Paintings*. Colonia: AXA Art/ Tate Gallery, 2007. http://www.axa-art.co.uk/fileadmin/Cluster/DE/AARG/Acrylmalerei/TAAMPP_brochure_caring_for_acrylics.pdf (11/04/2014).
- Tate AXA Art Modern Paints Project (TAAMPP): *Research summary 2006-2009*. http://www.axa-art.co.uk/fileadmin/Cluster/DE/AARG/Acrylmalerei/TAAMPP_research_summary.pdf (11/04/2014).

CURRÍCULUM VÍTAE

SILVIA GARCÍA FERNÁNDEZ-VILLA

Doctora en Bellas Artes en la especialidad Conservación y Restauración de Bienes Culturales. Profesora del Departamento de Pintura-Restauración (Facultad de Bellas Artes, Universidad Complutense de Madrid) y miembro del Grupo de Investigación *Técnicas de Documentación, Conservación y Restauración del Patrimonio* (Grupo 930420).

MARÍA LÓPEZ REY

Licenciada en Bellas Artes con Título Profesional en Conservación y Restauración de Bienes Culturales (UPV). Máster en Proyectos Conservación, Restauración y Exposición (Universidad Complutense de Madrid). Actualmente disfruta de la beca Andrew F. Mellon en el Metropolitan Museum of Art (Nueva York).

JOSÉ MANUEL DE LA ROJA DE LA ROJA

Doctor en Bellas Artes. Profesor Honorífico del Departamento de Pintura-Restauración de la Facultad de Bellas Artes (Universidad Complutense de Madrid) y miembro del Grupo de Investigación *Técnicas de Documentación, Conservación y Restauración del Patrimonio*.

MARGARITA SAN ANDRÉS MOYA

Doctora en Ciencias Químicas. Profesora Titular del Departamento Pintura-Restauración (Facultad de Bellas Artes, Universidad Complutense de Madrid) y responsable del Grupo de Investigación *Técnicas de Documentación, Conservación y Restauración del Patrimonio*.